

Oponentský posudek

na disertační práci pana **Martina Hanka** nazvanou

Numerical solution of the incompressible flow using the domain decomposition method

Disertační práce Martina Hanka obsahuje v souladu se zákonem o vysokých školách č. 111/1998 Sb., ve znění pozdějších předpisů, původní a uveřejněné výsledky nebo výsledky přijaté k uveřejnění. Práce se zabývá numerickým řešením Navierových-Stokesových rovnic pro nestlačitelné proudění. Její výsledky mají potenciální praktické využití. Má tedy jak teoretický, tak aplikační rozměr.

Autor se zaměřuje na studium a analýzu metody Balancing Domain Decomposition by Constraints (BDDC) a navrhuje a testuje nové techniky a algoritmy pro úlohy s nesymetrickou maticí.

Práce má 88 stran a je rozdělena do šesti kapitol. První kapitola je stručným úvodem, shrnuje motivaci, současný stav studované problematiky a také cíle a strukturu disertační práce. Kapitola druhá je věnována formulaci úlohy (klasická a slabá formulace okrajové úlohy) a popisu metody konečných prvků (Taylorův-Hoodův prvek, formulace diskretizovaného problému, Newtonova a Picardova linearizace). Ve třetí kapitole se autor zaměřuje na metody rozkladu oblasti, především pak na metodu BDDC. V kapitole čtvrté, která spolu s kapitolou pátou tvoří jádro práce, jsou popsány modifikace metody BDDC pro úlohy s nesymetrickými maticemi (včetně autorem navrženého vážícího operátoru a geometrického děliče sítě). Rozsáhlá pátá kapitola je věnována numerickým experimentům (proudění ve dvourozměrném a třírozměrném zužujícím se kanále, třírozměrné kavitě a v hydrostatickém ložisku). V závěrečné kapitole jsou shrnuty získané poznatky a nastíněny směry dalšího výzkumu v dané oblasti.

Základním cílem disertační práce je, jak již bylo zmíněno, vývoj efektivních numerických metod pro řešení soustav lineárních algebraických rovnic získaných diskretizací a linearizací Navierových-Stokesových rovnic pro stacionární nestlačitelné vazké proudění. Pozornost je věnována metodám rozkladu oblasti umožňujícím paralelizaci výpočtů. Numerické modely jsou založeny na metodě konečných prvků a metodě BDDC. Autor navrhl, im-

plementoval originální postupy a realizoval řadu podnětných numerických experimentů.

Přínosem autora je i zasvěcený a přehledný výklad teorie a podrobný rozbor numerických experimentů.

K práci nemám zásadních připomínek. Pouze si dovoluji konstatovat, že většina textu se čte velice dobře, pouze ve třetí kapitole bych uvítal podrobnější výklad některých pasáží.

Předložená disertační práce splnila cíle uvedené v úvodu práce, splňuje požadovaná kritéria i po stránce stylistické a stránce grafického zpracování. Jsem toho názoru, že Martin Hanek v práci prokázal svoje znalosti jak v oblasti matematického a numerického modelování, tak i v oblasti návrhu numerických algoritmů a jejich efektivní implementace. Je evidentní, že má předpoklady k tvůrčí práci v oboru.

Mám následující otázky:

Vážící operátor typu upwind je závislý na vzájemném úhlu vnější normály podoblasti a směru proudění. Bylo by možné rozšíření i o závislost na „lokálním“ Reynoldsově čísle (tj. o vazbu na poměr mezi advekcí a vazkostí) a mohlo by to přinést pozitivní účinek?

Přinesly numerické experimenty nějaké náměty pro vylepšení konstrukce hydrostatických ložisek?

V práci (i v publikaci [4]) je zmíněn problém související se čtyřúrovňovou metodou pro simulaci proudění v třírozměrné kavitě. Došlo k nějakému posunu ve zkoumání tohoto problému?

Hlavní přínos autora spočívá v návrhu numerických modelů a efektivních algoritmů a jejich implementaci. Autor navrhl několik nových postupů a realizoval mnoho výpočetních experimentů. Konstatuji, že autor ve své práci splnil stanovené cíle. Výsledky, které autor získal, mají velký aplikační potenciál a mohou být přínosem v řadě technických oblastí. Mezi podklady jsem obdržel seznam publikovaných prací: jde o čtyři texty v mezinárodních odborných časopisech nebo sbornících konferencí. Z toho je zřejmé, že autor disertační práce prezentoval své výsledky také na odborném fóru.

Závěr:

Disertační práci doporučuji k obhajobě v rámci doktorského studijního programu Strojní inženýrství (obor Matematické a fyzikální inženýrství) na Fakultě strojní Českého vysokého učení technického v Praze. Za předpokladu úspěšné obhajoby disertační práce doporučuji, aby panu Martinu Hankovi byl udělen akademický titul „doktor“ ve výše uvedeném studijním programu.

V Plzni dne 19. května 2022

Doc. Ing. Marek Brandner, Ph.D.
oponent